

Митрофанов А.А., аспирант
Смирнов В.К., проф., д-р техн. наук

ТЕМПЕРАТУРА РАСКАТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ 45Б2 НА УНИВЕРСАЛЬНО-БАЛОЧНОМ СТАНЕ ОАО «НТМК»

Производство двутавровых балок 45Б2 в цехе прокатки широкополочных балок ОАО «НТМК» осуществляется из непрерывно-литых заготовок сечением 240×440 мм, длиной 8,37 м. Заготовки нагреваются до температуры 1250-1280 °С в течение 220 мин в методических пятизонных печах с шагающим подом, торцевой загрузкой и выдачей металла. Техническая возможность печей позволяет равномерно прогревать металл. По замерам, с установкой термопар в заготовку, разница температуры по сечению составляет не более 50 °С.

Прокатка заготовок производится по схеме: 7 проходов в обжимной клети 1300; 5 проходов в I группе клетей (ВКІ, ГУКІ) универсального балочного стана (УБС); 3 прохода во II группе клетей (ГУКІІ, ВКІІ); 1 проход в чистовой клети (ГУКІІІ). Здесь ГУК – горизонтальная универсальная клеть, ВК – вспомогательная двухвалковая клеть.

При прокатке в обжимной клети изменение температуры по поперечному сечению раската незначительно. Наибольший интерес представляет распределение температуры по поперечному сечению раската при прокатке на УБС. К концу прокатки разность температур по элементам профиля достигает более 130 °С.

Температуру раскатов измеряли тепловизором NEC (Япония) типа ТН 7102 с диапазоном измерения от 200 до 2000 °С и погрешностью измерения ±2%. В связи с тем, что время измерения составляет около 10 секунд, замеры проводили на разных раскатах одной плавки перед первым и после последнего прохода в каждой группе клетей.

Температуру по ширине шейки и полки раската определяли по формуле

$$t = a_0 + a_1 \bar{x} + a_2 \bar{x}^2 + a_3 \bar{x}^3 + a_4 \bar{x}^4, \quad (1)$$

где a_0 и a_4 – коэффициенты; $\bar{x} = x/c$ или $\bar{x} = x/b$. Здесь c и b – соответственно ширина шейки и полки раската; x – расстояние до фиксированной точки по шейке от полки профиля ($0 \leq x \leq c$) или расстояние до фиксированной точки по ширине полки от ее края ($0 \leq x \leq b$).

Для определения пяти коэффициентов $a_0 \dots a_4$ несколько раз измеряли температуру в пяти точках по ширине шейки и по ширине полки. Подставляя в (1) при фиксированном значении x , получали 5 уравнений. Систему из пяти уравнений решали методом Гаусса. В табл. 1 и 2 приведены значения коэффициентов $a_0 \dots a_4$ в формуле (1) для определения температуры по ширине шейки и полки раската перед первым и после последнего прохода в каждой группе клетей.

Среднюю температуру шейки и полки раската определяли следующим образом:

$$t_{\text{ср}} = \frac{1}{d} \int_0^1 t dx,$$

где $d = c$ для шейки, $d = b$ для полки раската.

При установившемся режиме прокатки средняя температура шейки и полки раската будет больше расчетной. Снижение температуры за счет потерь тепла излучением при замерах за 10 с определяли по формуле:

$$\Delta t_{\text{изл.}} = t_0 - \frac{1000}{\sqrt[3]{\frac{0.0255\Pi\tau}{\omega} + \left(\frac{1000}{t_0 + 273}\right)^3}} + 273, \quad (2)$$

где Π и ω – соответственно периметр и площадь поперечного сечения шейки и полки (Π – в мм, ω – в мм²), $\tau = 10$ с – время измерения температуры,

t_0 – температура шейки и полки раската до начала измерения, °С.

Фактическая средняя температура по шейке и полке раската составит $t_{\text{ф}} = t_{\text{ср}} + \Delta t_{\text{изл.}}$. Расчетные значения $t_{\text{ср}}$, $\Delta t_{\text{изл.}}$ и $t_{\text{ф}}$ температуры шейки и полки приведены в табл. 3 и 4.

Определенная таким образом средняя температура шейки и полки позволяет с большей точностью рассчитать сопротивление деформации и энергосиловые параметры при прокатке двутавровой балки 45Б2 на УБС.

Таблица 1

Коэффициенты для определения температуры по ширине шейки раската

d	До I группы	После I группы	До II группы	После II группы	До III группы	После III группы
a_0	1195	1050	952	850	843	840
a_1	-69,33	-62,67	-144	-914,67	-989,33	-1084
a_2	-101,33	-86,67	-112	2749,33	2994,67	3452
a_3	341,33	298,67	512	-3669,33	-4010,67	-4736
a_4	-170,67	-149,33	-256	1834,67	2005,33	2368

Таблица 2

Коэффициенты для определения температуры по ширине полки раската

d	До I группы	После I группы	До II группы	После II группы	До III группы	После III группы
a_0	1080	980	960	900	880	840
a_1	33,33	406,67	501,33	362,67	-80	-106,67
a_2	73,33	-1153,33	-1354,67	-21,33	1360	1813,33
a_3	-213,33	1493,33	1706,67	-682,67	-2560	-3413,33
a_4	106,67	-746,67	-853,33	341,33	1280	1706,67

Таблица 3

Расчетные значения $t_{\text{ср}}$, $\Delta t_{\text{изл}}$, $t_{\text{ф}}$ при определении температуры шейки раската, °C

t	До I группы	После I группы	До II группы	После II группы	До III группы	После III группы
$t_{\text{ср}}$	1177,8	1034,6	919,5	758,7	745,0	738,3
$\Delta t_{\text{изл}}$	69,9	47,3	33,3	19,0	18,0	17,6
$t_{\text{ф}}$	1247,6	1081,9	952,7	777,7	763,0	755,8

Таблица 4

Расчетные значения $t_{\text{ср}}$, $\Delta t_{\text{изл}}$, $t_{\text{ф}}$ при определении температуры полки раската, °C

t	До I группы	После I группы	До II группы	После II группы	До III группы	После III группы
$t_{\text{ср}}$	1089,1	1022,9	1015,1	971,8	909,3	879,1
$\Delta t_{\text{изл}}$	13,1	27,3	26,7	33,8	27,8	27,1
$t_{\text{ф}}$	1102,2	1050,2	1041,8	1005,7	937,1	906,2